

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-214470

(43)Date of publication of application : 15.08.1997

(51)Int.Cl.

H04J 14/08
G02F 1/015
H04B 10/02
H04J 3/00
H04J 3/04

(21)Application number : 08-019009

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 05.02.1996

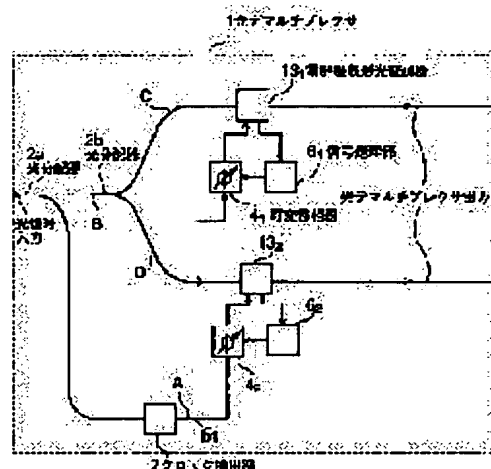
(72)Inventor : TOMIOKA TAZUKO

(54) MULTIPLEX SEPARATION PHASE CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To continuously and stably execute a pulse separation operation even if an optical demultiplexer used for very high speed optical time division multiplex communication is continuously driven for long time by optimizing a selected pulse group based on information on the pulse group which is not selected in an optical gate.

SOLUTION: Information on the optical pulse group absorbed in electric field absorption-type optical modulators 131 and 132 is detected and processed in signal processing parts 61 and 62. Then, variable phase shifters 41 and 42 are fed back. In the optical demultiplexer 1 of a time division multiplex system, timing for driving the optical gate is feedback-controlled by using information on the pulse group which is not selected by the optical gate. Thus, the pulse of the selected pulse group can appear in terms of time in the almost center of a gate wavelength in spite of the change of a peripheral environment such as temperature, and an optical demultiplexing operation which is stable for long time can be executed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のパルス列が時分割多重された入力光信号から抽出したクロックからなる駆動信号によって光ゲートを駆動し、該光ゲートでは、該時分割多重されたパルス列のうち1つ以上の系列を受信するために選択することによって、該入力光信号の多重分離を行なう光デマルチプレクサにおいて、該多重分離の位相を制御する多重分離位相制御装置であって、前記光ゲートにて選択されなかったパルス系列の情報に基づいて、前記光ゲートの駆動信号の位相および前記時分割多重された入力光信号の位相のうち少なくとも一方を変化させて、前記選択されるパルス系列の最適化を行なうことを特徴とする多重分離位相制御装置。

【請求項2】複数のパルス列が時分割多重された入力光信号から抽出したクロックからなる駆動信号により電界吸収型光変調器を変調して、該入力光信号の多重分離を行なう光デマルチプレクサにおいて、該多重分離の位相を制御する多重分離位相制御装置であって、前記電界吸収型光変調器に吸収された光パルスによって得られる情報に基づいて、前記電界吸収型光変調器より以前の光信号パスおよび前記電界吸収型光変調器の駆動信号のパスの少なくとも一方に挿入された可変移相器の位相を制御して、前記電界吸収型光変調器を透過するパルス列のパルスが光ゲート波形のほぼ中央でゲートされるようにすることを特徴とする多重分離位相制御装置。

【請求項3】複数のパルス列が時分割多重された入力光信号から抽出したクロックからなる駆動信号により光ゲートまたは光スイッチを駆動して、該入力光信号の多重分離を行なう光デマルチプレクサにおいて、該多重分離の位相を制御する多重分離位相制御装置であって、分離された光信号がゲートされた波形に含まれる信号パルスと伝送系中の光増幅器による自然放光との相対的な位置の情報に基づいて、前記光ゲートまたは光スイッチより以前の光信号パスおよび前記光ゲートまたは光スイッチの駆動信号のパスの少なくとも一方に挿入された可変移相器の位相を制御して、多重分離されたパルス列のパルスがゲート波形のほぼ中央でゲートされるようにすることを特徴とする多重分離位相制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超高速光時分割多重通信に用いる光デマルチプレクサの分離位相制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信では、ビットレートが大変な勢いで高速化されており、実験レベルでは数十Gbpsというビットレートでの伝送実験の報告も珍しくなくなっている。しかしながら、数十Gbpsのデータ信号をそのまま送受信しようとすると、送信器及び受信器内の電気コンポーネントに要求される帯域は0Hz～

数十GHz（およそビットレート程度）までと大変広くなり、現状ではこのようなコンポーネントを実現するのは非常に難しい。

【0003】そこで、このような超高速光通信を実現するために、光時分割多重を用いて高速化を図っている。すなわち、送信側では、より低いビットレートで独立にデータ変調された複数の超短光パルス列を少しずつ位相をずらせて重ね合わせて、実質的に数十Gbpsを実現する。受信側では、電気信号に変換する前の光信号の時点で、重ね合わせたパルス列を再び元の低いビットレートのパルス列に分離した後、各々のパルス列を受信するものである。

【0004】上記のように受信側で光信号からパルス列を分離する装置を、光デマルチプレクサという。従来の光デマルチプレクサとしては、例えば、図23のような構成が知られている。図23中、102は光分配器、103は光ゲート、107はクロック抽出部、109は光受信器、124は固定移相器（180°）である。

【0005】この光デマルチプレクサでは、入射してきた光信号を元の低いビットレートのパルス列と同じ系列数（図23では2系列）の信号に分歧し、それぞれの枝に備えられた変調器（光ゲート）103をその枝で取り出すべきパルス列のビットが来るタイミングでオンにして、各ビットがそれを取り出すべき変調器103のみを透過するようにする。このように機能させる変調器を光ゲートと言う。図24の例は、光ゲートによりビットを1つおきに取り出す様子（2多重のときの片側分）を示したものである。

【0006】従来の光デマルチプレクサとしては、図23のような構成の他に、これをツリー状に接続した図25のような構成がある。ここでは、4系列のビット列を取り出している。なお、図25中、125は1/2分周器である。

【0007】また、変調器103の代わりに光スイッチ108を使った図26のような構成も考えられる。これらのような構成にとっては、光デマルチプレクサの光ゲート103あるいは光スイッチ108を駆動する駆動信号の位相が重要である。例えば、図23の光デマルチプレクサにおいて各光ゲート103のオンになるタイミングが、図24のようになっていれば良いが、その位相がずれて、図27（a）あるいは（b）のようになると、正しい分離動作が得られない。

【0008】光時分割多重された信号は非常に高速であるため、光ゲートあるいは光スイッチの駆動信号と光信号の遅延差がほんの数ps～数十psで済むだけで（ずれの許容範囲は多重されたビットレートにより異なる）、正しい分離動作が不可能となる。この程度の遅延のずれは、系の規模にもよるが、例えば周囲の気温が変わっただけでも十分起こり得るものである。

【0009】しかし、光デマルチプレクサでパルス分離

10

20

30

40

50

に用いる光ゲートあるいは光スイッチを駆動する信号と入力光信号との位相差が、周囲の環境によって変化することに対する対策がなく、長時間光デマルチプレクサを駆動し続けた場合、正しい分離動作が出来なくなるおそれがあった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来は、光デマルチプレクサの光ゲートあるいは光スイッチを駆動する信号と光信号との位相差が、周囲の環境によって変化することに対する対策が立てられておらず、長時間光デマルチプレクサを駆動し続けた場合、正しい分離動作が出来なくなるおそれがあった。

【0011】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、超高速光時分割多重通信に使用する光デマルチプレクサを長時間駆動し続けても安定にパルス分離動作を行ない続けることを可能とする分離位相制御装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明（請求項1）は、複数のパルス列が時分割多重された入力光信号から抽出したクロックからなる駆動信号によって光ゲートを駆動し、該光ゲートでは、該時分割多重されたパルス列のうち1つ以上の系列を受信するために選択することによって、該入力光信号の多重分離を行なう光デマルチプレクサにおいて、該多重分離の位相を制御する多重分離位相制御装置であって、前記光ゲートにて選択されなかったパルス系列の情報に基づいて、前記光ゲートの駆動信号の位相および前記時分割多重された入力光信号の位相のうち少なくとも一方を変化させて、前記選択されるパルス系列の最適化を行なうことを特徴とする。

【0013】本発明によれば、時分割多重系の光デマルチプレクサにおいて、その光ゲートによって選択されなかったパルス系列の情報を利用し、光ゲートを駆動するタイミングをフィードバック制御することによって、選択されるパルス系列のパルスが温度などの周囲環境の変化等によらず、最も適切な位相状態にすることができ

る。

【0014】ここで、選択されるパルス系列が最適化された状態とは、例えば、光パルスが光ゲート波形のほぼ中央でゲートされるような状態、あるいは光パルスが隣接するスイッチ時刻のほぼ中央にいるとき状態である。

【0015】本発明（請求項2）は、複数のパルス列が時分割多重された入力光信号から抽出したクロックからなる駆動信号により電界吸収型光変調器を変調して、該入力光信号の多重分離を行なう光デマルチプレクサにおいて、該多重分離の位相を制御する多重分離位相制御装置であって、前記電界吸収型光変調器に吸収された光パルスによって得られる情報に基づいて、前記電界吸収型光変調器より以前の光信号パスおよび前記電界吸収型光

変調器の駆動信号のパスの少なくとも一方に挿入された可変移相器（光の可変移相器または電気の可変移相器）の位相を制御して、前記電界吸収型光変調器を透過するパルス列のパルスが光ゲート波形のほぼ中央でゲートされるようにすることを特徴とする。

【0016】本発明によれば、電界吸収型光変調器にて吸収された（すなわち、選択されなかった）光パルスによって得られる情報に基づいて、パルス分離動作の最も適切な位相状態からのずれを検出し、その情報を（光または電気の）可変移相器にフィードバックすることで、電界吸収型光変調器を透過するパルス列のパルスが時間的にゲート波形のほぼ中央に来るようにすることができる。

【0017】本発明（請求項3）は、複数のパルス列が時分割多重された入力光信号から抽出したクロックからなる駆動信号により光ゲートまたは光スイッチを駆動して、該入力光信号の多重分離を行なう光デマルチプレクサにおいて、該多重分離の位相を制御する多重分離位相制御装置であって、分離された光信号がゲートされた波形に含まれる信号パルスと伝送系中の光増幅器による自然放出光との相対的な位置の情報に基づいて、前記光ゲートまたは光スイッチより以前の光信号パスおよび前記光ゲートまたは光スイッチの駆動信号のパスの少なくとも一方に挿入された可変移相器（光の可変移相器または電気の可変移相器）の位相を制御して、多重分離されたパルス列のパルスがゲート波形のほぼ中央でゲートされるようにすることを特徴とする。

【0018】本発明によれば、光信号をゲートした波形に含まれる信号パルスと伝送系中の光増幅器による自然放出光との相対的な位置の情報に基づいて、パルス分離動作の最も適切な位相状態からのずれを検出し、その情報を（光または電気の）可変移相器にフィードバックすることで、多重分離されたパルス列のパルスが時間的にゲート波形のほぼ中央に来るようにすることができる。

【0019】以上のような本発明によれば、たとえ周囲環境の温度変化の発生等があっても、最適な位相状態でパルス分離させることができる。また、選択されなかったパルス系列の情報を利用することによって、選択されたパルス系列を分岐する必要がなく、構成が簡単になる。

【0020】また、フィードバック制御を行なうことにより、経年変化や部品の交換などによって、温度に対する系の遅延変動の特性が変わっても対応でき、長期間安定な光デマルチプレクシング動作が可能になる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。本発明の一実施形態では、時分割多重されたパルス系列を電界吸収型光変調器を使用して多重分離する。例えば、2多重されたパルス系列を多重分離する場合、光を2つに分岐して、それぞれのパ

10

20

30

40

50

スに電界吸収型光変調器を挿入し、それぞれの電界吸収型光変調器で異なる系列が選択（透過）されるようにする。このとき、それぞれの電界吸収型光変調器で選択（透過）されなかった系列は、電界吸収型光変調器に吸収される（図1参照）。

【0022】電界吸収型光変調器は、元来、フォトダイオードから派生したものであり、フォトダイオードの吸収波長端の印加電界依存性を利用したものである。したがって、電界吸収型光変調器で吸収された系列は、「電界吸収型光変調器」という形態のフォトダイオードで検出

されたと考えることができる。

【0023】2つの系列を光時分割多重する場合、一方の系列が時間軸上で他方の系列のちょうど中間に入るように多重される。また、電界吸収型光変調器を光デマルチプレクサとして使用する場合、その駆動電圧は、通常、正弦波である。したがって、電界吸収型光変調器が形成する光ゲートのほぼ中間で選択される系列が透過する場合、電界吸収型光変調器で吸収される系列も、正弦波駆動電圧がほぼピークになっているタイミングで吸収される。電界吸収型光変調器は、逆方向電圧では光吸収量（dB）は印加電圧にほぼ比例する。そのため、正弦波のピークで光パルスが吸収されれば、それによって生ずる光電流は、ピーク以外のところで吸収された場合よりも大きい。また、電圧のピークで光電流が最も大きくなるということは、電界吸収型光変調器で熱に変換される電力が最も大きくなるということである。

【0024】したがって、本実施形態では、電界吸収型光変調器で検出される光電流量、あるいは、発熱量、電力などを検出し、フィードバックをかけることによって、吸収される系列のパルスが正弦波のほぼピークで吸収されるようにでき、その結果、選択される系列が、光ゲートのほぼ中央で透過するように制御することができる。

【0025】また、本発明の一実施形態では、時分割多重されたパルス系列を光スイッチを使用して多重分離するもので、この場合、光スイッチで選択されなかった光信号をフォトディテクタなどで検出し、フィードバックをかける。あるいは、時分割多重されたパルス系列を変調器を使用して多重分離するもので、この場合、光スイッチで選択されなかった光が光スイッチ内部で散乱光となったものをフォトディテクタなどで検出し、フィードバックをかける（図2参照）。

【0026】また、本発明の一実施形態では、以下のようにしてフィードバック制御をおこなう。パルスを多重分離すると、純粋にパルスのみが取り出されるのではなく、パルスを中心として、その周辺もゲートされる。近年の光通信では、伝送系の中に光増幅器が使用されることが多く、現在実用化されている光増幅器、エルビウムドープファイバ光増幅器、半導体光増幅器などでは、入力光信号を増幅するだけでなく、自然放出光と呼ばれる

背景雑音を出す。

【0027】自然放出光は、非常に帯域の広いランダムな雑音であり、図16のように時間的に一様である。したがって、このような自然放出光の混入した信号光を多重分離すると、図17（a）のような形にゲートされる。すなわち、自然放出光はちょうどゲート波形の形にゲートされる。図17（b）のように自然放出光は、パルス列によって形成される純粋な信号光よりもはるかに帯域が広く、自然放出光と信号光が混ざった光から、自然放出光の大部分を光フィルタなどを使って分離することができる。自然放出光と信号光（わずかに自然放出光が混ざっている）を分けると、図18（a）、（b）のようになる。

【0028】したがって、自然放出光と信号光の時間的な相対位置を比較、検出し、フィードバックすることにより、信号パルスがゲート波形のほぼ中央に来るように制御することができる。

【0029】以下、本実施形態をより詳しく説明する。（第1の実施形態）まず、第1の実施形態について説明する。

【0030】本実施形態は、光時分割多重された光入力を、該光入力自体（または該光入力からパルス分離した光出力あるいはこれを電気信号に変換したもの）から抽出されたクロックを元にして生成された駆動信号により駆動される光ゲートによりパルス分離する光デマルチプレクサにおいて、多重された光パルス列を正しい位相で分離するために、フィードバック制御を行なうものである。

【0031】図1に、本実施形態の光デマルチプレクサの構成を示す。本実施形態は、パルス分離素子に光ゲートを用いた1：2の光デマルチプレクサの一例を示しており、光分配器2₁、2₂、光ゲートとして用いる電界吸収型光変調器13₁、13₂、可変移相器4₁、4₂、信号処理部6₁、6₂、クロック抽出回路7を備えている。

【0032】図1のように本実施形態の光デマルチプレクサ1では、入射された光信号の一部を光分配器2₁で分岐した後、クロック抽出回路7でクロック成分を抽出し、パルス分離に用いる駆動信号を生成する。

【0033】光分配器2₁で分岐された残りの光は、パルス分離のために次の光分配器2₂で2分岐され、2つの電界吸収型光変調器13₁、13₂に夫々入射され、多重分離されることになる。このとき、2つのパスでは異なるパルス系列が選択される。

【0034】クロック抽出回路7から2つの電界吸収型光変調器13₁、13₂へ駆動信号を送る駆動信号バスには、分岐部b1の後方部分に可変移相器4₁、4₂が夫々挿入される形で配置されており、これら可変移相器4₁、4₂は、対応する信号処理部6₁、6₂からの信号に応じた量だけ駆動信号を移相させる。

【0035】ここで、本実施形態では、前述したように電界吸収型光変調器13₁、13₂で吸収される光パルス系列の情報を、信号処理部6₁、6₂で検出、処理し、可変移相器4₁、4₂にフィードバックをかける。すなわち、電界吸収型光変調器で検出される光電流量、あるいは、発熱量、電力などを検出し、この検出量が最大になるように、つまり吸収される系列のパルスが光ゲート波形、例えば正弦波のほぼピークで吸収されるように、可変移相器4₁、4₂に駆動信号の位相を変移させることによって、選択される系列を光ゲートのほぼ中央で透過させるように制御する。なお言うまでもなく2系列のパルス分離を行なうために、電界吸収型光変調器13₁、13₂に与える2つの駆動信号の間の位相差自体は光入力パルスの位相を基準として常に180度となるように設定される。

【0036】本実施形態によれば、時分割多重系の光デマルチプレクサにおいて、その光ゲートによって選択されなかったパルス系列の情報を利用し、光ゲートを駆動するタイミングをフィードバック制御することによって、選択されるパルス系列のパルスが温度などの周囲環境の変化等によらず、時間的にゲート波形のほぼ中央に来るようにすることができ、長期間安定な光デマルチプレクシング動作が可能になる。

【0037】また、選択されなかったパルス系列の情報を利用することによって、選択されたパルス系列を分岐する必要がなく、構成が簡単になる。なお、可変移相器4は、制御信号に対して連続的に位相が変化するものが望ましい。また、ディスクリートに変化するものでも、位相が変化する際に信号がとぎれたりしないもの（あるいは、とぎれてもその時間が1ビットよりも非常に短くほとんど動作に悪影響を及ぼさないもの）であれば、使用することができる。

【0038】（第2の実施形態）次に、第2の実施形態について説明する。図2に、本実施形態の光デマルチプレクサの構成を示す。

【0039】本実施形態は、光ゲートとして光スイッチを使用した場合の1:2光デマルチプレクサの一例を示しており、光分配器2₁、2₂、光ゲートとして用いる光スイッチ8₁、8₂、可変移相器4₁、4₂、信号処理部6₁、6₂、クロック抽出回路7、フォトディテクタ11₁、11₂を備えている。

【0040】本実施形態の光デマルチプレクサは、基本的には、上記の実施形態と同様であるが、光ゲートとして光スイッチ8₁、8₂を用いる点、フィードバック制御を行なうための検出器としてフォトディテクタ11を設けてある点が相違する。ここでは、先の実施形態との相違を中心に説明する。

【0041】光スイッチ8₁、8₂は、半導体またはLiNbO₃などでできており、駆動信号の周波数に同期して、2つの出力に交互に信号を出力する。本実施形態

では、その一方を多重分離出力として選択、出力し、他方を位相制御用の信号として検出する。このとき、位相制御情報としては、前述したような自然放出光と信号パルスの位相比較検出でも良いし、光スイッチのゲート波形が図3(a)のように（矩形ではなく）なだらかなものであれば、フォトディテクタで検出される光電流、あるいは、ビットレートの周波数が最大になるように制御すれば良い。

【0042】なお、図2における光ゲートとして使用した光スイッチ8₁、8₂の代わりに、Y分岐を使用したマッハ・ツェンダー型など吸収型、スイッチ型でない変調器を用いることもできる。この場合は、光ゲートで選択されない光は変調器内部で散乱光となるので、これをフォトディテクタなどで検出し、光スイッチの場合と同様に、フィードバック制御を行なえば良い。

【0043】本実施形態によれば、時分割多重系の光デマルチプレクサにおいて、その光ゲートによって選択されなかったパルス系列の情報を利用し、光ゲートを駆動するタイミングをフィードバック制御することによって、選択されるパルス系列のパルスが温度などの周囲環境の変化等によらず、時間的にゲート波形のほぼ中央に来るようにすることができ、長期間安定な光デマルチプレクシング動作が可能になる。

【0044】また、選択されなかったパルス系列の情報を利用することによって、選択されたパルス系列を分岐する必要がなく、構成が簡単になる。ここで、制御方法の一例について説明する。

【0045】本実施形態では、電界吸収型光変調器やフォトディテクタなどで検出する光電流量、あるいは、発熱量、電力など、フィードバックのための検出信号を最大にするための制御では、山登り法のように可変移相器4の位相を常に少量前後させて、検出信号が増える方に位相を変化させていく。どちらに振っても、検出信号が減少する位相が、最適点である。あるいは、ある閾値よりも検出信号が減少したら可変移相器4の位相を少量前後させて、検出信号が増える方向に位相を変化させていても良い。

【0046】このとき、光ゲートのゲート波形は、図3(a)のように中央近辺が最大となり、両端に近づくにつれて低くなっていくような波形である方が好ましい。図3(b)のように、矩形のゲート波形ではゲート波形の位相を少々前後させても、ゲート波形の端に近づくまでは、光ゲートを透過する光パワーにほとんど変化がなく、検出信号に変化がみられないからである。逆に、なまったゲート波形を与える方法は、単純に正弦波で光ゲートを駆動すると矩形のゲート波形でなくなまったゲート波形しか得られないLiNO₃変調器による光ゲート（あるいはスイッチ）に向いている。

【0047】（本実施形態の変形例）以上の実施形態では、図1や図2のように固定移相器を省き、各光ゲート

(例えば、電界吸収型光変調器13₁、13₂あるいは光スイッチ8₁、8₂)に与える駆動信号間に設定する位相差(上記の2多重では180°)は、可変移相器だけで制御するものとして説明したが、図4のように固定移相器24を併用しても構わない。

【0048】また、以上の実施形態では、図1や図2のようにそれぞれの光ゲートから信号検出を行ない、クロック抽出部7から光ゲートまでのバスで分岐部b1の後方部分に可変移相器4₁、4₂を夫々挿入しているが、駆動信号の分岐部b1から先の2つのバスおよび光分岐部から光ゲートまでの2つの光バスC、Dの遅延量が既知で、周囲環境の変化などによる遅延特性がほぼ同一であれば、図5に示すように分岐部b1より前方の部分(図中のAの部分)に可変移相器を1つだけ配置しても良い。この場合、可変移相器、信号処理部などの数が少なく済むという利点がある。なお、図中25は、固定移相器である。

【0049】さらには、駆動信号のバスに電気信号用の可変移相器を挿入する代わりに、図6(a)のように、各光ゲートと光分配器との間(図1、2中のC、Dの位置)にそれぞれ光の可変移相器34を入れても良いし、あるいは図6(b)のように、光ゲートに対する光分配器の前(図1、2中のBの位置)に1つだけ光の可変移相器34を入れても良い。

【0050】以上の例では、各光ゲートに与える駆動信号に位相差を設けて、パルス分離を行なうものとしていたが、その代わりに、光ゲートと光分配器の間に固定移相器を設け、各光ゲートに入力する光信号の間に位相差を与えて、パルス分離を行なっても良い。また、この場合において、前述のように各光ゲートと光分配器との間にそれぞれ光の可変移相器を挿入する構成を採用するときは、図1、2のごとく固定移相器の働きを可変移相器で果たすようにしても良いし、図4のごとく固定移相器と可変移相器を独立に設けても良い。

【0051】以上では、パルス分離素子に光ゲートを用いた光デマルチプレクサの一例として、説明を分かりやすくするために、1:2の光デマルチプレクサで説明を行なっているが、言うまでもなく、本発明は、各系統のパルス列を360/n(nは2以上の整数)度づつずらして取り出す1:nの光デマルチプレクサに適用可能である。この場合も、電気信号の可変移相器および光の可変移相器のいずれを用いても良いし、それらを各系統に共通に1つ設けても良いし、各系統ごとに1つずつ設けても良い。

【0052】以上の各例では、クロックは入力光信号から抽出しているが、図7のように光デマルチプレクサされた信号から得る場合、あるいは図8のように受信器から得る場合も考えられる。それらの場合は、クロックを抽出するところまで含めた系を出来るだけコンパクトに集めて内部の温度にむらがないように系を構成し、前述

の場合と同様に温度測定し、位相制御すると良い。なお、図7中、1は光デマルチプレクサ、2は光分配器、7はクロック抽出部であり、図8中、1は光デマルチプレクサ、9は光受信器、10はクロック信号あるいは光ゲートまたは光スイッチの駆動信号である。このように光ゲートあるいは光スイッチの駆動信号を出力するクロック抽出部に対する入力を得るまでのバスとして種々の方法が使用できる点は、以下の各実施形態でも同様である。

10 【0053】(第3の実施形態)次に、電界吸収型光変調器から位相制御用の信号を検出するいくつかの方法を具体的に説明する。

【0054】なお、以下では、説明を分かりやすくするために、時分割でn(nは2以上の整数)多重された光信号から1系列取り出す部分を基本構成として示し、全体の構成の説明は省略している。

20 【0055】図9は、本実施形態の光デマルチプレクサの基本構成の一例であり、可変移相器4、信号処理部6、電界吸収型光変調器(光ゲート)13、バイアスT回路14、光電流検出回路15を備える。なお、図中では光分配器やクロック抽出部等を省略しているが前述の実施形態や変形例で述べたように種々のものが考えられる。

【0056】本実施形態のように光ゲートとして電界吸収型光変調器を用いた場合、入射光の吸収損失(dB)は、電界吸収型光変調器に印加された電圧に比例する。そのようにして、電界吸収型光変調器に吸収された光は変調器に流れる光電流となる。

30 【0057】したがって、最適な位相状態を保持するためには、図9のように、電界吸収型光変調器13に流れる光電流を、バイアスT回路14を介し光電流検出回路15にて検出し、該光電流が最大になるように、すなわち電界吸収型光変調器13の駆動電圧が最大のときに(吸収されるべき)パルスが吸収されるように、信号処理部6により可変移相器4の位相を山登り法などで制御すれば良い。ただし、このときの光ゲートの幅は、例えば図10(a)のように、時分割多重されたビット列の1ビットの幅wよりも大きいことが望ましい。そのようにしない場合、例えば図10(b)のように、2多重の系ならば2系列とも吸収している状態が光電流を最大とする状態になってしまうからである。

40 【0058】図11は、本実施形態の光デマルチプレクサの基本構成の他の例であり、可変移相器4、信号処理部6、電界吸収型光変調器(光ゲート)13、バイアスT回路14、サーキュレータ16、高周波成分検出回路17を備えている。なお、図中では光分配器やクロック抽出部等を省略しているが前述の実施形態や変形例で述べたように種々のものが考えられる。

50 【0059】上記の実施形態では電界吸収型光変調器13により吸収された光電流の直流成分を検出して制御を

行なったが、本実施形態のように高周波成分を検出して制御を行なうようにしても良い。すなわち、本実施形態では、図11のようにバイアスT回路14およびサーキュレータ16を介し高周波成分検出回路17にて高周波成分を検出する。そして、信号処理部6により該高周波成分が最大になるように可変移相器4を制御する。これにより、最適な位相状態を保持することができる。特に2多重の場合は、光電流から1系列分のキャリア周波数成分を検出することによって、ゲート幅に制限を設けなくても良くなる。

【0060】ところで、2多重で電界吸収型光変調器を光ゲートとして使用する場合、吸収するパルスが駆動信号の吸収部分の中心に来るように制御することによって、同様に透過するパルスを光ゲート波形の中心に来るようにすることが可能である。例えば、電界吸収型光変調器の駆動波形が図12(a)に示すような状態にあるとき、吸収されるパルス(吸収電流量)が図12(b)のAの位置にあるときが、電界吸収型光変調器で消費される電力が最大であるため、その消費電力を測定し、それが最大になるように山登り法などによって駆動信号の位相または光信号の位相を制御すれば良い。

【0061】消費電力を測定する方法としては、電界吸収型光変調器のチップの近傍にサーミスタなどの温度測定素子を配置し(あるいは電界吸収型光変調器のチップと集積化し)その温度を測定する方法がある。

【0062】あるいは、図13のような回路を電界吸収型光変調器13の周辺に構成し、抵抗器R₁の両端の電位v₁と電界吸収型光変調器13および抵抗器R₁の両端の電位v₂とを図示しない掛け算器にて掛け算することで疑似的に電力を求めても良い。この場合、v₂と電界吸収型光変調器13にかかる電圧との位相ずれが小さいように抵抗器R₁は出来るだけ小さい抵抗のものとすると良い。また、掛け算器までの回路は途中でv₁とv₂の位相差がずれないように、出来るだけコンパクトに作るのが良い。

【0063】図14は、本実施形態の光デマルチプレクサの基本構成のさらに他の例であり、可変移相器4、信号処理部6、電界吸収型光変調器(光ゲート)13、バイアスT回路14、抵抗18を備える。なお、図中では光分配器やクロック抽出部等を省略しているが前述の実施形態や変形例で述べたように種々のものが考えられる。

【0064】光ゲートとして電界吸収型光変調器を用いる場合、電界吸収型光変調器はダイオードであるため、図15(a)のように駆動信号の一部がプラスに振り込むと電界吸収型光変調器にダイオードの順方向電流が流れる。ダイオードの順方向特性は図15(b)のように、一般に温度によって変化する。したがって、駆動電圧として同じ値のプラスの電圧を与えても、流れる順方向電流は電界吸収型光変調器の内部温度によって変化する。

る。

【0065】したがって、図14のような回路で順方向電流の変化を測定することによって、電界吸収型光変調器内での発熱による温度変化、さらには消費されている電力を知ることができる。これによって、図12

(a)、(b)で説明したものと同様に消費電力が最大になるように制御すればよい。

【0066】なお、本実施形態においても、パルス分離を行なう複数の系列の各々ごとに可変遅延器4を設ける代わりに、クロック抽出部7と分岐部の間のパスに1つだけ可変遅延器4を設けても良い点(図5参照)、可変遅延器を光パスのほうに挿入しても良い点(図6参照)など、前述の実施形態や変形例で説明した点と同様のことが言える。

【0067】電界吸収型光変調器の光電流を検出してフィードバックをかける方法の長所としては、光ゲート波形が図3(b)のように矩形であったとしても、光パルスが光ゲートのほぼ中心に来るようにできることである。これは、以下に述べる実施形態についても同様である。また、電界吸収型光変調器の光電流を検出する方法では、位相制御情報を得るために光ゲート出力を分岐する必要がなく、特別な光-電気変換素子が不要で、構成が簡素になる。

【0068】(第4の実施形態)次に、本発明の第4の実施形態について説明する。前述したようにパルスが多重分離される場合、純粹にパルスのみが取り出されるのではなく、パルスを中心として、その周辺もゲートされる。また、近年の光通信では、伝送系の中に光増幅器が使用されることが多く、現在実用化されている光増幅器、エルビウムドープファイバ光増幅器、半導体光増幅器などは、入力光信号を増幅するだけでなく、自然放出光と呼ばれる背景雑音を出す。自然放出光は、非常に帯域の広いランダムな雑音であり、図16のように時間的に一様である。したがって、このような自然放出光の混入した信号光を多重分離すると、図17(a)のように形にゲートされる。すなわち、自然放出光はちょうどゲート波形の形にゲートされる。このような光ゲート出力または光スイッチ出力の光スペクトルは、自然放出光を含めて、図17(b)のようになる。

【0069】本実施形態では、このような場合、光ゲート出力または光スイッチ出力の一部を分岐した後、光フィルタを用いて、図18(a)および(b)のように自然放出光を中心とした部分と信号を中心とした部分に分離する。

【0070】分離方法としては、図19のように光分配器2の後段に透過特性の異なる2つのフィルタ19、19を設けても良いし、図20のように光合分波器20を用いて信号光を透過し、透過されなかった残りの成分(自然放出光成分)が反射してきたものを拾っても良い。

10

20

30

40

50

【0071】これらの信号光および自然放出光を図21のように夫々フォトディテクタ11., 11.で検出し、夫々バンドパスフィルタ21., 21.を介し、位相比較器22でそれぞれのキャリア周波数成分(例えば分離したビット列のビットレートが10Gbpsなら10GHz成分)の位相を比較することによって、ゲートされた自然放出光の中心と信号パルス位置がどの程度ずれているかが分かる。ゲートされた自然放出光の波形はゲート波形そのものなので、信号パルスと光ゲート波形の中心がどの程度ずれているかわかることになる。これをフィードバック情報として、図示しない信号処理部から図示しない可変移相器にフィードバックすれば良い。

【0072】このように、自然放出光と信号光の時間的な相対位置を比較、検出し、フィードバックすることにより、信号パルスがゲート波形のほぼ中央に来るようにできる。

【0073】なお、信号光については、フォトディテクタ11.と位相比較器22の間のバンドパスフィルタ21.を省いても構わない。あるいは、図19や図20のようにして、信号パルスと自然放出光を光フィルタで分離した後、図22のように、これらをバランス型レーザのそれぞれのフォトダイオード11に入射する。この場合、各々のフォトダイオード11の出力は引き算されるので、バランス型レーザの出力のキャリア周波数成分が最小になるように、図示しない信号処理部を用いて図示しない可変移相器をフィードバック制御すれば良い。

【0074】なお、本実施形態においても、パルス分離を行なう複数の系列の各々ごとに可変遅延器4を設ける代わりに、クロック抽出部7と分岐部の間のパスに1つだけ可変遅延器4を設けても良い点(図5参照)、可変遅延器を光パスのほうに挿入しても良い点(図6参照)など、前述の実施形態や変形例で説明した点と同様のことが言える。

【0075】以上説明してきた各実施形態のように、フィードバック制御を行なうことの利点は、経年変化や部品の交換などによって、温度に対する系の遅延変動の特性が変わっても対応でき、長期間安定な光デマルチプレクシング動作を可能にすることである。本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、その技術的

【0076】

【発明の効果】本発明によれば、時分割多重系の光デマルチプレクサにおいて、その光ゲートによって選択されなかったパルス系列の情報を利用し、光ゲートを駆動するタイミングをフィードバック制御することによって、周囲環境の温度変化の発生等によらず、最適な位相状態でパルス分離させることができる(例えば、選択されるパルス系列のパルスが時間的にゲート波形のほぼ中央に来るようにすることができる)。

【0077】また、選択されなかったパルス系列の情報を利用することによって、選択されたパルス系列を分岐する必要がなく、構成が簡単になる。また、フィードバック制御を行なうことにより、経年変化や部品の交換などによって、温度に対する系の遅延変動の特性が変わっても対応でき、長期間安定な光デマルチプレクシング動作が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る光デマルチプレクサの構成を示す図

【図2】第2の実施形態に係る光デマルチプレクサの他の構成を示す図

【図3】光ゲートのゲート波形と光パルスの関係を説明するための図

【図4】本実施形態の変形例を示す図

【図5】本実施形態の他の変形例を示す図

【図6】本実施形態のさらに他の変形例を示す図

【図7】本実施形態の変形例を示す図

【図8】本実施形態の他の変形例を示す図

【図9】第3の実施形態に係る光デマルチプレクサの基本構成を示す図

【図10】光ゲートのゲート波形と光パルスの関係を説明するための図

【図11】同実施形態に係る光デマルチプレクサの基本構成の他の例を示す図

【図12】電界吸収型光変調器の駆動波形と吸収電流量の関係を示す図

【図13】同実施形態の他の例を示す図

【図14】同実施形態に係る光デマルチプレクサのさらに他の構成を示す図

【図15】電界吸収型光変調器の電圧-順方向電流特性を示す図

【図16】信号光に混入した自然放出光を説明するための図

【図17】自然放出光が多量に混入した光ゲート出力信号を示す図

【図18】光ゲートの出力信号を分離した信号を示す図

【図19】第4の実施形態の光デマルチプレクサの信号分離の構成を示す図

【図20】同実施形態の光デマルチプレクサの信号分離の他の構成を示す図

【図21】同実施形態の光デマルチプレクサの位相差検出の構成を示す図

【図22】同実施形態の光デマルチプレクサの位相差検出の構成を示す図

【図23】従来の光デマルチプレクサの一例を示す図

【図24】光デマルチプレクサのパルス分離の動作を説明するための図

【図25】従来の光デマルチプレクサの他の例を示す図

【図26】従来の光デマルチプレクサのさらに他の例を示す図

示す図

【図27】従来の光デマルチプレクサにおける位相ずれを説明するための図

【符号の説明】

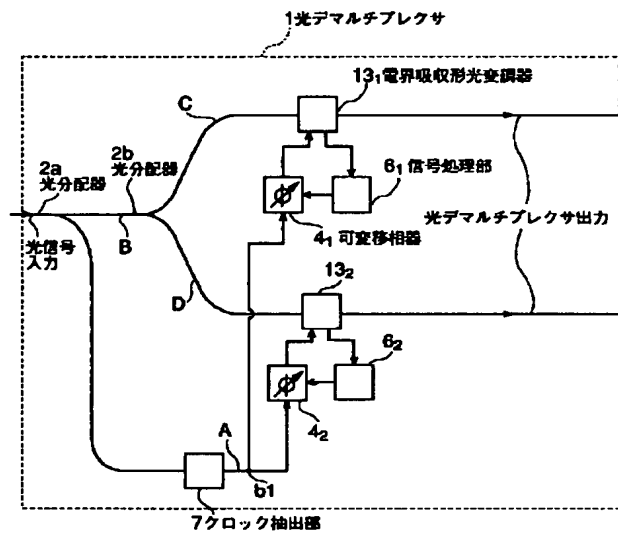
- 1…光デマルチプレクサ
 2, 2_a, 2_b, 2_c…光分配器
 4, 4', 4₁, 4₂…可変移相器
 6, 6₁, 6₂…信号処理部
 7…クロック抽出部
 8…光スイッチ
 9…光受信器
 11, 11_a, 11_b…フォトディテクタ
 12…バンドパスフィルタ

* 13, 13₁, 13₂…電界吸収型光変調器

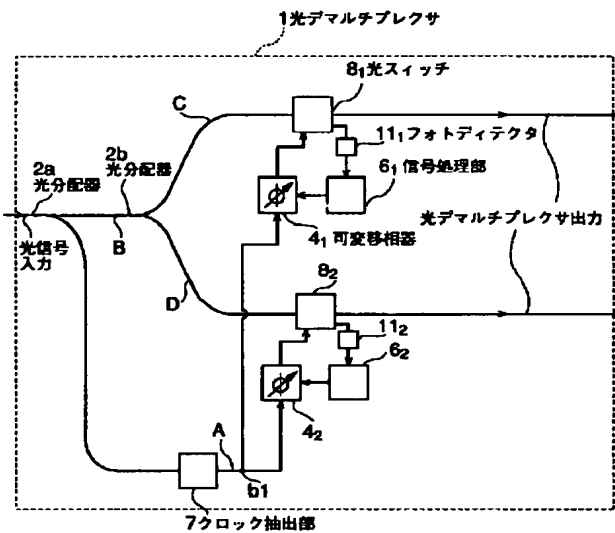
- 14…バイアスT回路
 15…光電流検出回路
 16…サーキュレータ
 17…高周波成分検出回路
 18…抵抗
 19_a, 19_b…光フィルタ
 20…光合分波器
 21_a, 21_b…バンドパスフィルタ
 22…位相比較器
 24…固定移相器
 34…可変移相器

*

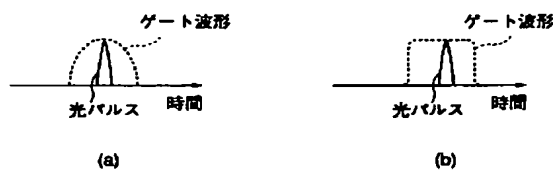
【図1】



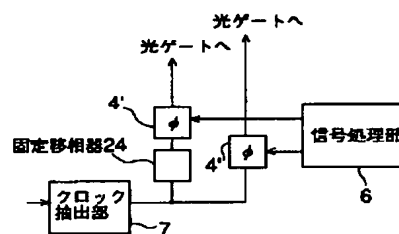
【図2】



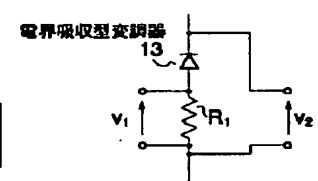
【図3】



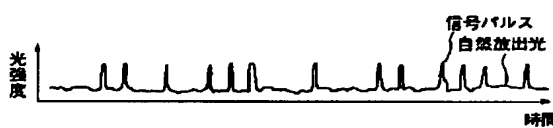
【図4】



【図13】



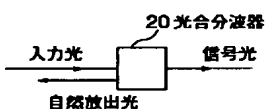
【図16】



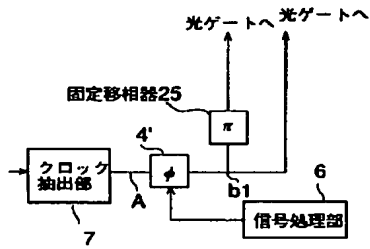
【図18】



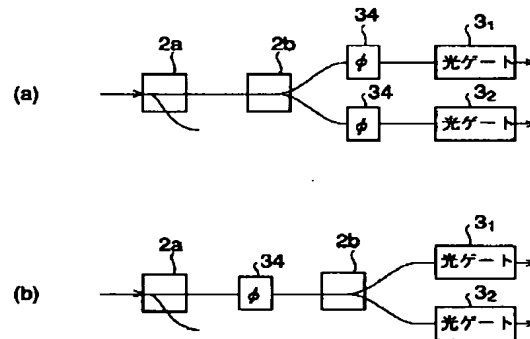
【図20】



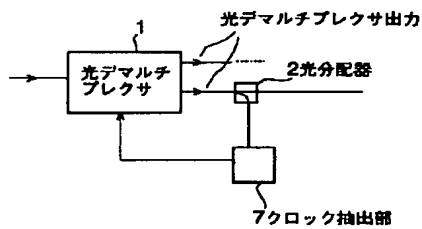
【図5】



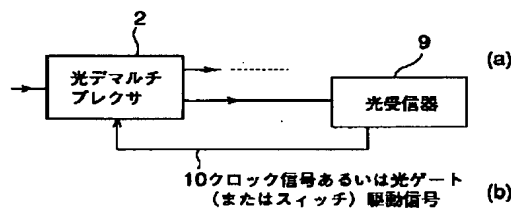
【図6】



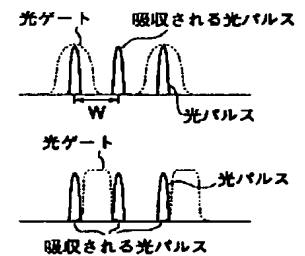
【図7】



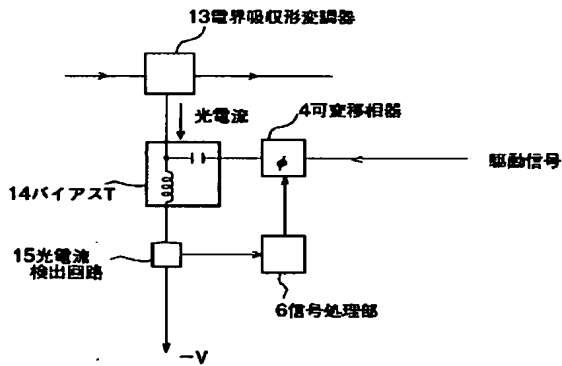
【図8】



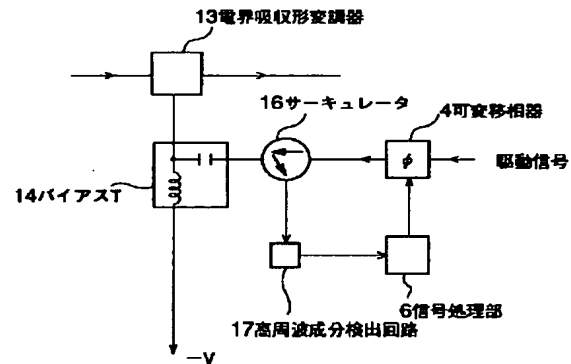
【図10】



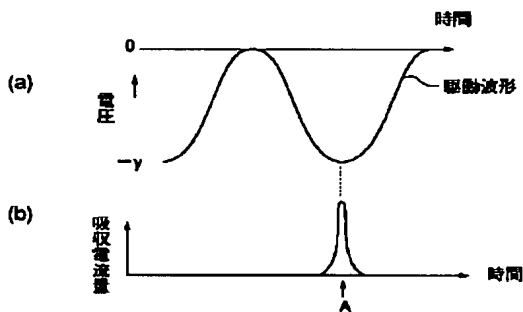
【図9】



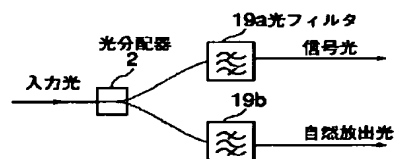
【図11】



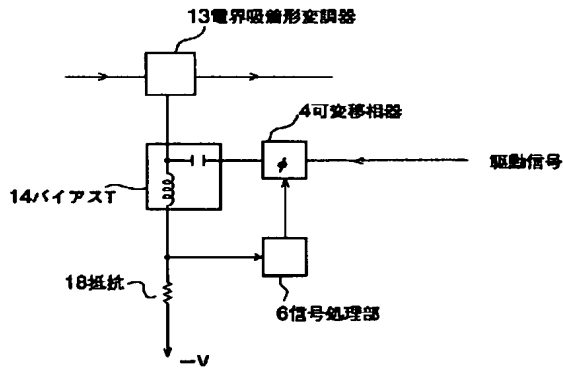
【図12】



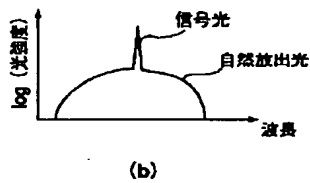
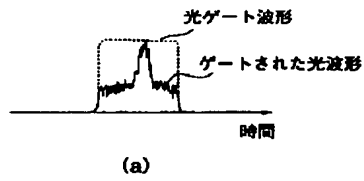
【図19】



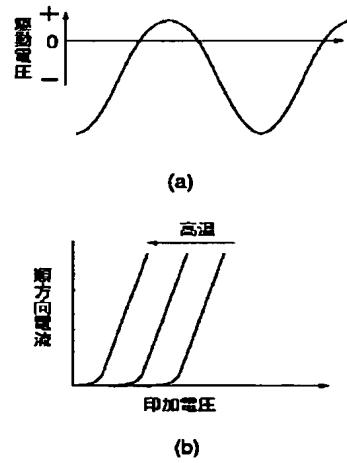
【図14】



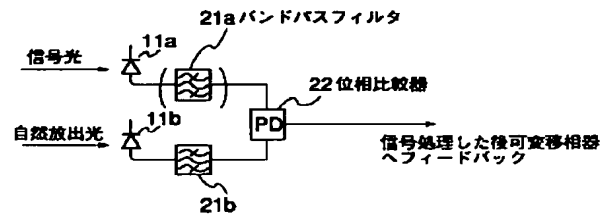
【図17】



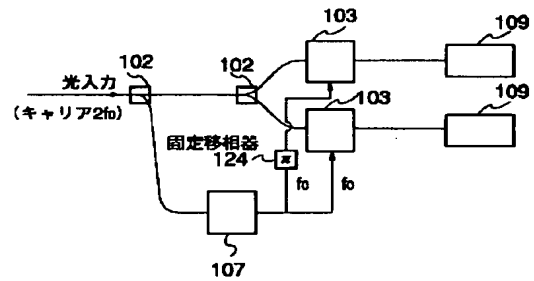
【図15】



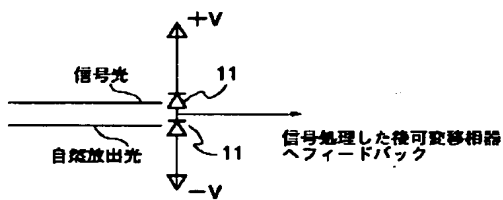
【図21】



【図23】



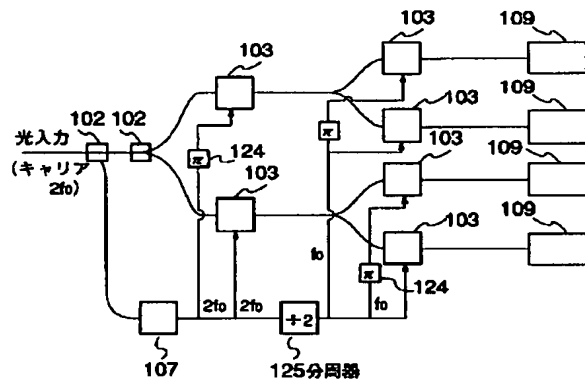
【図22】



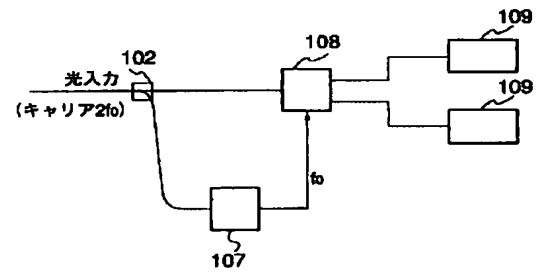
【図24】



【図25】



【図26】



【図27】

